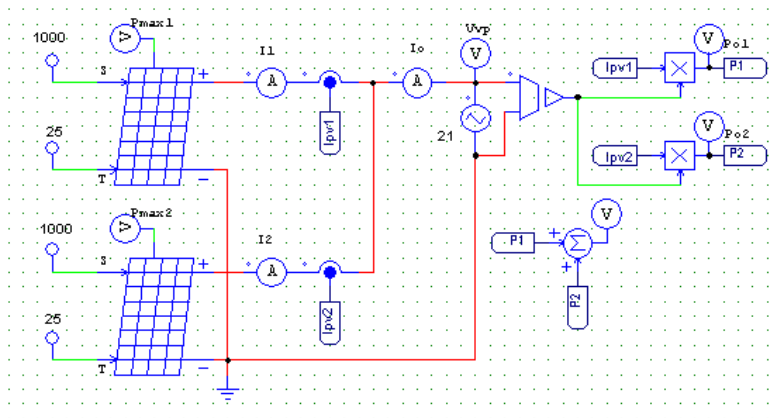


## BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Temuan

#### 4.1.1 Simulasi Solar Panel

Dua buah solar panel disusun secara paralel, nilai tegangan dan arus dari kedua solar panel tersebut diukur dengan menggunakan sensor arus dan sensor tegangan, sehingga nilai dayanya dapat dikalkulasikan. Gambar 4.1 menunjukan model solar panel. Pada simulasi solar panel diberikan input Radiasi sebesar  $1000\text{W/m}^2$  dan suhu sebesar  $25^\circ\text{C}$  yang merupakan kondisi standar dari pengujian solar panel (*Standar Test Condition*) yang digunakan oleh perusahaan solar panel tersebut dalam pengujian solar panelnya. Gambar 4.1 menunjukan rangkaian solar panel



Gambar 4.1 Rangkaian Solar Panel

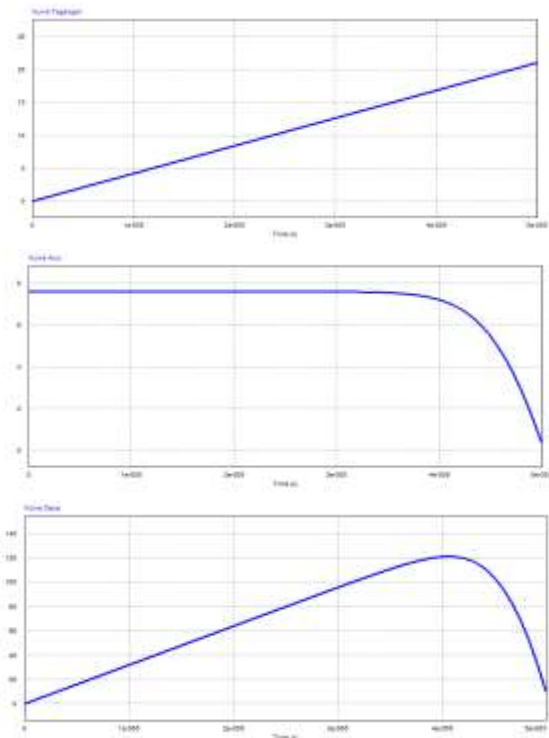
Dengan mensimulasikan solar panel pada STC maka model solar panel dapat kita verifikasi kebenarannya dengan cara memplot kurva V-I nya. Untuk mensimulasikan karakteristik solar panel, rangkaian pemodelan dilengkapi dengan amperemeter, voltmeter, sensor arus,

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

sensor tegangan, serta sumber arus dc dengan gelombang segitiga sebagai beban. Amper meter dan voltmeter digunakan untuk mengukur arus kerja dan tegangan kerja pada solar panel kemudian sensor arus dan sensor tegangan digunakan untuk mengkalkulasikan daya kerja solar panel. Sumber arus DC dengan gelombang segitiga digunakan sebagai beban sehingga kurva karakteristik dari solar panel dapat disimulasikan. Gambar 4.2 menunjukan hasil simulasi.



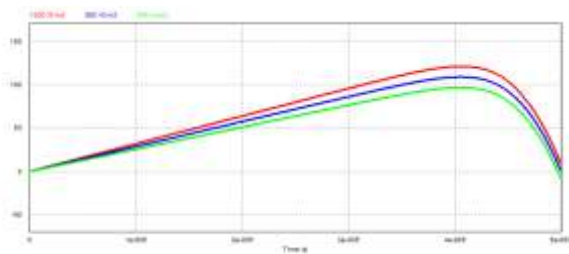
Gambar 4.2 Karakteristik Solar Panel

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS  
SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA  
SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

Gambar 4.2 menunjukkan kurva arus, kurva tegangan dan kurva daya pada solar panel. Kurva karakteristik tersebut menunjukkan hasil yang sesuai dengan kurva standar test pada datasheet. Untuk melihat pengaruh radiasi pada solar panel terhadap kurva karakteristik daya, maka dilakukan simulasi dengan nilai radiasi yang berbeda, pada simulasi dilakukan percobaan dengan memberikan nilai radiasi 1000  $\text{W/m}^2$ , 900  $\text{W/m}^2$ , 800  $\text{W/m}^2$  Gambar 4.3 menunjukkan hasil simulasi.



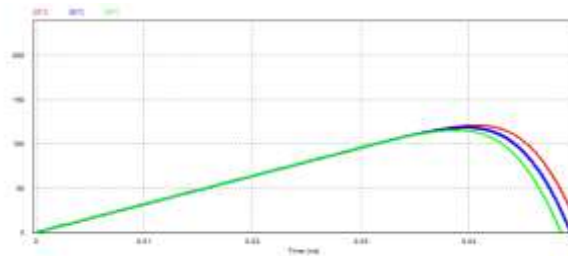
Gambar 4.3 Pengaruh Radiasi Terhadap Kurva Daya

Hasil tersebut merupakan hasil simulasi dengan variasi nilai radiasi dengan suhu tetap yaitu  $25^{\circ}\text{C}$ . Selain radiasi, suhu juga berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh suhu terhadap kurva daya dengan nilai radiasi tetap yaitu 1000  $\text{W/m}^2$ .

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

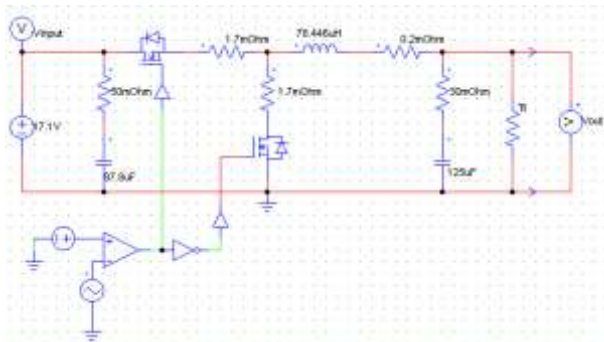


Gambar 4.4 Pengaruh Suhu Terhadap Kurva Daya

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model solar panel pada perangkat lunak PSIM dengan menggunakan fitur *Physical Model* Dapat mensimulasikan solar panel sesuai dengan keadaan dilapangan.

#### 4.1.2 Simulasi *Buck* Konverter (*Synchronous*)

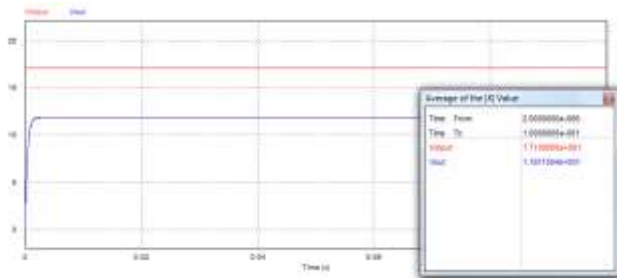
Hasil perancangan *buck* konverter disimulasikan pada perangkat lunak PSIM. Beberapa resistor ditambahkan secara seri dengan komponen untuk mensimulasikan rugi-rugi daya pada komponen. *buck* konverter bekerja dengan mode CCM dengan input tegangan sebesar 17,1V. Gambar 4.5 menunjukkan rangkaian *buck* konverter sedangkan Gambar 4.6 menunjukkan hasil simulasi dengan nilai *duty cycle* 0,7.



**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

Gambar 4.5 *Synchronous Buck Konverter*Gambar 4.6 Hasil Simulasi *Buck Konverter*

Berdasarkan hasil simulasi, rangkaian buck konverter berhasil menurunkan tegangan input. Dengan nilai *duty cycle* 0,7 tegangan input 17,1V berubah menjadi 11,8V (nilai rata-rata)

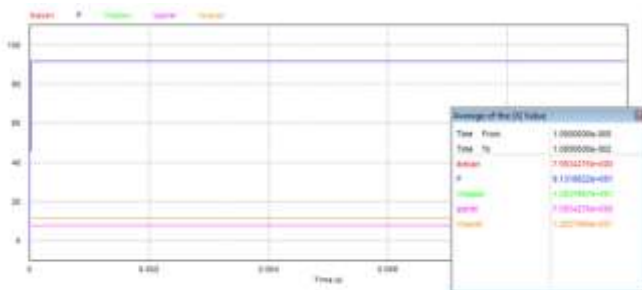
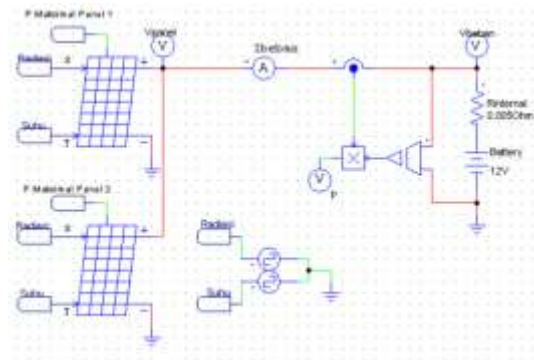
#### 4.1.3 Simulasi Solar Panel Tanpa MPPT

Simulasi dilakukan dengan menggunakan dua buah solar panel dan satu buah baterai 12V sebagai beban. Nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh solar panel diukur kemudian nilai dayanya diperhitungkan. Simulasi dilakukan dengan nilai radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$  dan Suhu  $25^\circ \text{C}$  Gambar 4.7 menunjukkan rangkaian simulasi dan hasil simulasinya.

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)



Gambar 4.7 Rangkaian Simulasi dan Hasil Simulasi

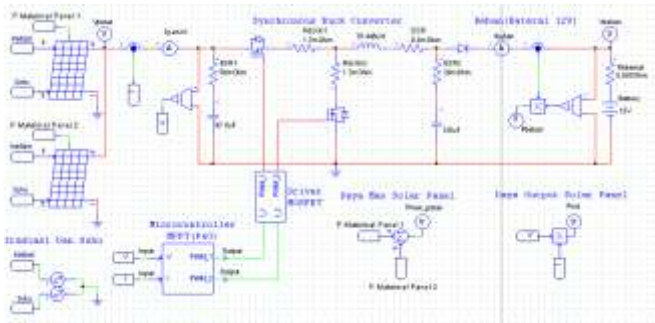
#### 4.1.4 Optimisasi Solar Panel dengan MPPT (P&O)

Simulasi MPPT dilakukan dengan menggunakan algoritma P&O dan baterai 12V sebagai beban. Dalam simulasi, sensor tegangan dan sensor arus digunakan sebagai input *microcontroller*. Gambar 4.8 menunjukkan rangkaian simulasi optimisasi dan Gambar 4.9 menunjukkan *subcircuit* rangkaian (*Microcontroller*).

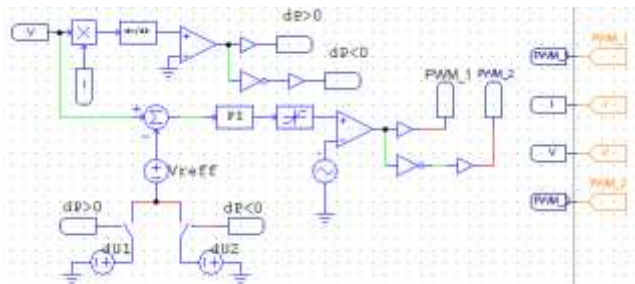
**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu  
| perpustakaan.upi.edu



Gambar 4.8 Rangkaian Optimalisasi



Gambar 4.9 Subcircuit Rangkaian (Microcontroller)

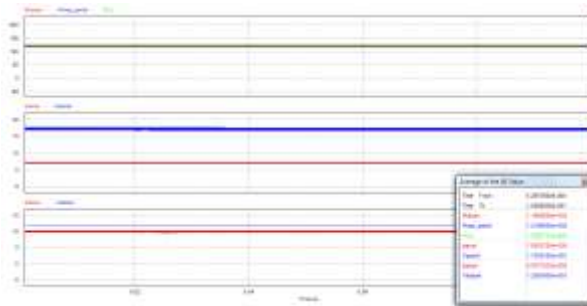
Pada simulasi digunakan sebuah PI controller untuk mengatur nilai *duty cycle* agar solar panel bekerja sesuai nilai referensi yang diberikan. Nilai tegangan dan arus menjadi input *microcontroller* sehingga nilai daya dan turunanya dapat dikalkulasikan, kemudian nilai daya tersebut dibandingkan dengan nilai *carrier* pada comparator. Hasil dari comparator ini digunakan untuk mengaktifkan *switch* untuk menambah nilai tegangan referensi, hal ini dilakukan untuk tujuan mensimulasikan hasil *tracking* daya dengan P&O yang beresilasi pada titik maksimum. Gambar 4.10 menunjukkan hasil simulasi dengan nilai radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$  dan Suhu  $25^\circ \text{ C}$  sedangkan Gambar 4.11 menunjukkan

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

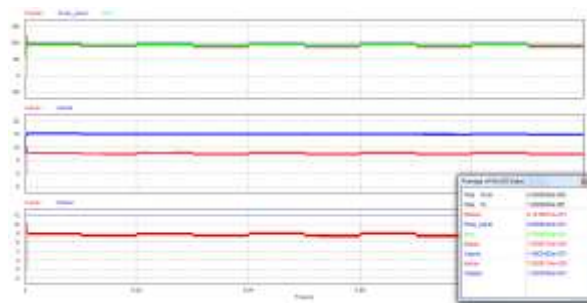
*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu  
| perpustakaan.upi.edu

hasil simulasi dengan nilai variasi radiasi  $800 \text{ W/m}^2$  dan  $1000 \text{ W/m}^2$  dan variasi suhu  $30^\circ \text{ C}$  dan  $65^\circ \text{ C}$ .



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Dengan Radiasi dan Suhu Tetap



Gambar 4.11 Hasil Simulasi Dengan Radiasi yang Bervariasi

#### 4.1.5 Hasil Simulasi MPPT

Nilai  $P_{\text{max\_panel}}$  merupakan nilai daya maksimal solar panel yang dikalkulasikan oleh perangkat lunak PSIM secara otomatis sesuai dengan nilai radiasi dan suhu yang diberikan, nilai ini dapat menjadi nilai acuan untuk membandingkan hasil simulasi, Tabel 4.1 dan 4.2 menunjukkan hasil simulasi.

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)



Tabel 4.1 Hasil Simulasi Tanpa MPPT

Nilai Rata Rata V, I dan P			
$V_{\text{panel}}$	12 V	$V_{\text{beban}}$	12 V
$I_{\text{panel}}$	7,6 A	$I_{\text{beban}}$	7,6 A
$P_{\text{out}}$	91,3 W	$P_{\text{beban}}$	91,3 W
$P_{\text{max\_panel}}$	121,069 W		

Tabel 4.2 Hasil Simulasi dengan MPPT

Radiasi dan Suhu Tetap				Radiasi Bervariasi			
Nilai Rata-Rata V,I dan P				Nilai Rata-Rata V,I dan P			
$V_{\text{panel}}$	17,04 V	$V_{\text{beban}}$	12 V	$V_{\text{panel}}$	14,9 V	$V_{\text{beban}}$	12 V
$I_{\text{panel}}$	7,095 A	$I_{\text{beban}}$	9,975 A	$I_{\text{panel}}$	6,22 A	$I_{\text{beban}}$	7,66 A
$P_{\text{out}}$	120,8W	$P_{\text{beban}}$	119,697W	$P_{\text{out}}$	92,699W	$P_{\text{beban}}$	91,92W
$P_{\text{max\_panel}}$	121,069 W			$P_{\text{max\_panel}}$	96,989 W		

#### 4.1.6 Hasil Penerapan Peredupan Otomatis

Penerapan sistem peredupan secara otomatis dilakukan dalam jangka waktu selama satu minggu, Waktu penerapan dilakukan dari pukul 18.00 – 06.00 Wib pada tiap harinya, pada waktu tersebut dilakukan pencatatan data dan pengambilan data yang tercatat secara otomatis oleh mikrokontroller. Data diambil berdasarkan keadaan lalu lintas jalan kemudian dicatat dengan menggunakan fitur pemrograman yang tersedia pada mikrokontroller dan daya yang telah diambil

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
 | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

disimpan pada sebuah memori. Tabel 4.3 dan 4.4 menunjukkan hasil penerapan.

Tabel 4.3 Hasil Peredupan Otomatis

Mode Operasi	Hari	Waktu Operasi (Jam)		Konsumsi Energi
		Redup (15W)	Kecerahan Penuh (28,5W)	
Optimalisasi	1	4,3	7,7	283,95 Wh
	2	5,2	6,8	271,18 Wh
	3	5,1	6,9	273,15 Wh
	4	5,3	6,7	270,45 Wh
	5	4,7	7,3	278,55 Wh
	6	4,4	7,6	282,6 Wh
	7	4,7	7,3	278,55 Wh
<b>Total Konsumsi Energi</b>				<b>1,938 kWh</b>

Tabel 4.4 Hasil Tanpa Peredupan Otomatis

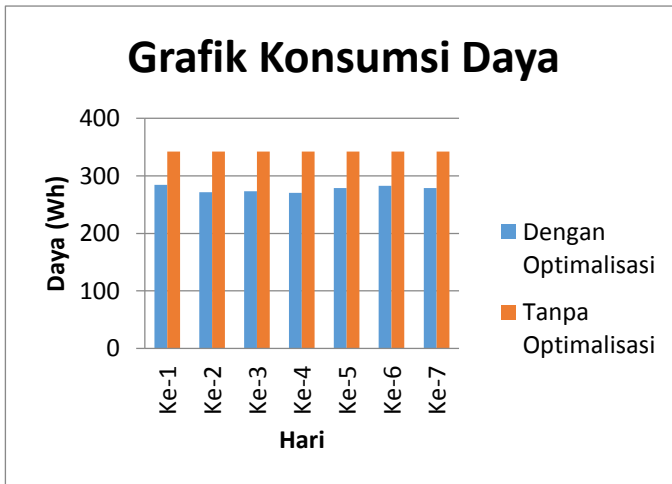
	Hari	Waktu Operasi (Jam)		Konsumsi Energi
		Redup (15W)	Kecerahan Penuh (28,5W)	
Tanpa Optimalisasi	1	0	12	342 Wh
	2	0	12	342 Wh
	3	0	12	342 Wh
	4	0	12	342 Wh
	5	0	12	342 Wh
	6	0	12	342 Wh
	7	0	12	342 Wh
<b>Total Konsumsi Energi</b>				<b>2,394 kWh</b>

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
 | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

Berdasarkan tabel terlihat bahwa lampu beroperasi pada keadaan redup berkisar antara 4 - 6 jam dan lampu beroperasi pada kecerahan penuh berkisar antara 6 - 7 jam, dengan rata-rata konsumsi daya 276,9W perhari, dan total konsumsi daya selama penerapan di lapangan adalah 1,938 kWh. Sedangkan tanpa optimalisasi dapat kita lihat bahwa total konsumsi dayanya adalah 2,394 kWh. Gambar 4.12 menunjukkan grafik perbedaan konsumsi daya.



Gambar 4.12 Grafik Konsumsi Daya

#### 4.2 Pembahasan

Berdasarkan data hasil temuan, rancangan sistem optimalisasi yang terdiri dari *buck* konverter, *microcontroller*, sensor, driver MOSFET dan MOSFET dapat mengoptimalkan sistem penerangan jalan umum berbasis solar panel. *Buck* konverter dengan bantuan *microcontroller* berfungsi sebagai media untuk mengimplementasikan

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

algoritma MPPT, sehingga output daya dari solar panel dapat dioptimalisasi. Kemudian *microcontroller*, driver MOSFET, MOSFET, dan sensor berfungsi untuk mengoptimalisasi konsumsi daya pada lampu penerangan, metode PWM digunakan untuk melakukan peredupan. Rancangan ini mengoptimalisasi dua aspek pada sistem, yaitu pada output daya solar panel dengan menggunakan MPPT dan pada konsumsi daya pada lampu penerangan dengan menggunakan sistem peredupan secara otomatis.

Hasil simulasi MPPT menunjukkan bahwa nilai output daya pada solar panel mendekati nilai  $P_{\max\_panel}$ . Hal ini menunjukkan bahwa algoritma P&O cukup baik dalam mengoptimalisasi output pada solar panel. Pada hasil simulasi terdapat perbedaan nilai antara daya yang dihasilkan solar panel dengan nilai  $P_{\max\_panel}$ , hal ini dikarenakan algoritma P&O tidak membuat solar panel bekerja tepat pada titik maksimumnya, namun membuat solar panel bekerja secara berosilasi disekitar nilai maksimum. Pada nilai output daya solar panel dan nilai output daya pada sisi beban juga terdapat sedikit perbedaan, hal ini dikarenakan faktor ketidakidealan dari komponen-komponen pada *buck* konverter sehingga menyebabkan rugi-rugi daya dan membuat nilai hasil konversi daya dari solar panel ke beban menjadi lebih kecil. Beberapa energi dari solar panel hilang menjadi energi panas pada konverter dan berdasarkan hasil terdapat perbedaan nilai daya antara solar panel dengan MPPT dan tanpa MPPT.

Pada keadaan  $1000 \text{ W/m}^2$  dan Suhu  $25^\circ \text{ C}$  solar panel tanpa MPPT menghasilkan daya sebesar 91,3 W sedangkan dengan MPPT solar panel menghasilkan daya sebesar 119,697 W menuju beban. Berdasarkan hasil terdapat perbedaan daya sebesar 28,397 W yang menunjukkan bahwa dengan MPPT solar panel menghasilkan daya yang optimal dan output solar panel mengalami kenaikan daya sebesar 23,5%.

Berdasarkan data temuan, hasil menunjukkan adanya perbedaan konsumsi daya antara sistem dengan peredupan cahaya secara otomatis dan sistem tanpa peredupan cahaya secara otomatis. Total konsumsi daya pada sistem dengan peredupan cahaya secara otomatis adalah

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

1,938 kWh sedangkan pada sistem tanpa peredupan cahaya secara otomatis mengonsumsi daya sebesar 2,394 kWh, sehingga dapat kita simpulkan adanya perbedaan konsumsi daya sebesar 456 Wh yang menunjukkan bahwa sistem dengan peredupan cahaya secara otomatis lebih hemat energi.

Perbedaan konsumsi daya ini disebabkan karena adanya keadaan redup pada sistem peredupan cahaya secara otomatis. Keadaan lampu terbagi menjadi dua, yaitu keadaan redup dan keadaan kecerahan penuh. Ketika lampu berada pada keadaan redup konsumsi dayanya adalah sebesar 15W sedangkan ketika keadaan kecerahan penuh konsumsi dayanya adalah 28,5W, karena kondisi itulah maka terjadi perbedaan konsumsi daya.

Pada sistem ini terdapat beberapa keterbatasan, baik pada optimalisasi solar panel maupun pada optimalisasi konsumsi daya pada lampu. Pada optimalisasi solar panel algoritma P&O tidak dapat membuat solar panel bekerja tepat dititik maksimum, selain itu besar dari penambahan dan pengurang *duty cycle* sangat mempengaruhi sistem. Semakin kecil nilai  $\Delta D$  dapat membuat MPPT lebih presisi namun dapat menyebabkan semakin bertambahnya waktu algoritma untuk mencapai nilai MPP, disisi lain semakin besar nilai  $\Delta D$  maka semakin kecil tingkat presisinya.

Sistem peredupan cahaya secara otomatis akan menghemat konsumsi daya pada lampu penerangan jika terdapat waktu dimana tidak adanya aktifitas pada jalan, jika aktifitas terus ada pada jalan maka tidak akan ada penghematan konsumsi daya pada lampu penerangan. Semakin sedikit waktu tidak adanya aktifitas pada jalan semakin tidak signifikan nilai penghematan dayanya. Hal ini menjadi keterbatasan dari sistem optimalisasi dalam penerapannya. Selain itu sistem ini membutuhkan biaya yang cukup besar jika dibandingkan dengan biaya instalasi PJU tradisional.

**Adi Fitrah Alfaridzi, 2018**

*OPTIMALISASI SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS SOLAR PANEL DENGAN PENGATURAN INTENSITAS CAHAYA SECARA OTOMATIS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
| [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)